Corrigé complet — Bac S 2013 Amérique du Sud (ancien programme)

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**Transferts d'énergie** Flux thermique et résistance thermique · Conduction, convection, rayonnement · Conductivité thermique d'un isolant · Énergie interne et capacité thermique · Ondes électromagnétiques · Bilan d'énergie et puissance	7,5 pts	1 h 10	13 questions	p. 2
Ex 2	**Les dangers de l'alcool** Groupes caractéristiques · Spectroscopie infrarouge · Spectroscopie de RMN · Représentation de Cram et chiralité · Catalyse · Loi de Beer-Lambert et dilution	7,5 pts	1 h 10	18 questions	p. 6
Ex 3	**Le son: de sa numérisation à la lecture d'un CD** Signal analogique et signal numérique · Échantillonnage et quantification · Longueur d'onde et indice d'un milieu · Interférences destructives · Diffraction	5 pts	50 min	16 questions	p. 11
Ex 4	**Spécialité : Comment éviter les dangers sonores sans perdre la qualité dun son lors d'un concert en plein air ?** Niveau d'intensité sonore · Atténuation géométrique · Dose de son · Analyse spectrale · Hauteur et timbre · Synthèse de documents	5 pts	50 min	2 questions	p. 16

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

Transferts d'énergie

Bac S 2013 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 1 **7,5 points** **Durée conseillée 1 h 10**

1.1 Dans quel sens s'effectue le transfert thermique dans la maison de Frédéric ?

Données utiles grenier : $\theta_1 = 5{,}0\ ^\circ\text{C}$; maison : $\theta_2 = 20\ ^\circ\text{C}$

Un transfert thermique a lieu spontanément du corps le plus chaud vers le corps le plus froid. Ici $\theta_2 > \theta_1$.

Le transfert thermique s'effectue de la maison ($20\ ^\circ\text{C}$) vers le grenier ($5{,}0\ ^\circ\text{C}$), à travers le sol du grenier.

COMPRENDRE
Ce sens est irréversible : jamais le grenier froid ne réchauffera spontanément la maison. Isoler ne change pas le sens du transfert, cela le ralentit.

1.2 Donner l'expression puis calculer le flux thermique Φ à travers le sol du grenier.

Données utiles $\theta_1 = 5{,}0\ ^\circ\text{C}$; $\theta_2 = 20\ ^\circ\text{C}$; $R = 7{,}5 \times 10^{-3}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

Le flux thermique est proportionnel à l'écart de température entre les deux faces de la paroi :

$$\Phi = \frac{\theta_2 - \theta_1}{R}$$

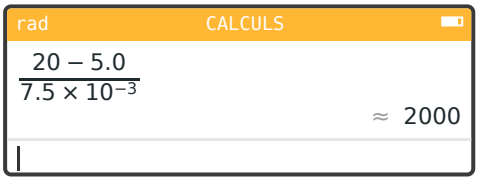
$$\Phi = \frac{20 - 5{,}0}{7{,}5 \times 10^{-3}} = 2{,}0 \times 10^3\ \text{W}$$

$\Phi = 2{,}0 \times 10^3\ \text{W}$, soit $2{,}0\ \text{kW}$

PIÈGE
Écrire $\theta_1 - \theta_2$ donne un flux négatif, ou multiplier par R au lieu de diviser. L'unité aide : des K divisés par des $\text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ donnent des W.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme R et l'écart de $15\ ^\circ\text{C}$. Un écart de température a la même valeur en °C et en K : inutile de convertir.

À LA CALCULATRICE



1.3 Utiliser le tableau des conductivités thermiques pour conseiller Frédéric dans son choix de matériau. Justifier.

Données utiles λ en $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$: laine de roche $0{,}035$; polystyrène extrudé $0{,}033$; liège naturel expansé $0{,}042$; cellulose $0{,}039$

D'après le texte, plus λ est grande, plus le matériau conduit facilement la chaleur. Un bon isolant doit au contraire la conduire le moins possible : il faut la conductivité thermique la plus petite du tableau.

Frédéric doit choisir le polystyrène extrudé, de plus faible conductivité : $\lambda = 0{,}033\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

PIÈGE
Confondre conductivité et résistance : le meilleur isolant a la plus petite λ, pas la plus grande. Le liège ($0{,}042$) est ici le moins performant des quatre.

1.4 La résistance thermique totale du sol du grenier doit atteindre $6{,}3 \times 10^{-2}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$. Calculer la résistance thermique de l'isolant choisi.

Données utiles $R_{\text{tot}} = 6{,}3 \times 10^{-2}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$; $R_{\text{sol}} = 7{,}5 \times 10^{-3}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

L'isolant est posé sur le sol : les deux parois sont accolées, leurs résistances thermiques s'ajoutent.

$R_{\text{tot}} = R_{\text{sol}} + R_{\text{iso}}$, donc $R_{\text{iso}} = R_{\text{tot}} - R_{\text{sol}}$

$$R_{\text{iso}} = 6{,}3 \times 10^{-2} - 7{,}5 \times 10^{-3} = 5{,}6 \times 10^{-2}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

$R_{\text{iso}} = 5{,}6 \times 10^{-2}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

PIÈGE
Les deux puissances de dix sont différentes : $7{,}5 \times 10^{-3} = 0{,}75 \times 10^{-2}$. Soustraire directement $6{,}3 - 7{,}5$ donnerait une résistance négative, ce qui n'a pas de sens.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$6.3 \times 10^{-2} - 7.5 \times 10^{-3}$

≈ 0.0555

COMPRENDRE

Le sujet note encore R la résistance totale visée : ce n'est plus celle du sol seul. Donner des noms distincts évite de mélanger les deux valeurs.

1.5.1 Donner l'expression de la résistance thermique d'une paroi plane en fonction de λ, e et S. Vérifier l'homogénéité de cette expression.

R est proportionnelle à e (au numérateur) et inversement proportionnelle à λ et à S (au dénominateur) :

$$R = \frac{e}{\lambda S}$$

Homogénéité, à l'aide des unités : e en m, S en m^2, λ en $\mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}}$.

$$\frac{e}{\lambda S} \text{ s'exprime en } \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1} \times m^2}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{W \cdot m \cdot K^{-1}}} = \mathrm{K \cdot W^{-1}}$$

C'est bien l'unité d'une résistance thermique.

$R = \frac{e}{\lambda S}$, expression homogène à des $\mathrm{K \cdot W^{-1}}$

COMPRENDRE

La formule est logique : une paroi épaisse isole mieux (R augmente avec e), une grande surface laisse passer plus d'énergie (R diminue quand S augmente).

MÉTHODE

Pour vérifier une homogénéité, remplacer chaque grandeur par son unité, simplifier, puis comparer à l'unité attendue. L'unité de λ se lit dans le tableau du sujet.

1.5.2 Quelle épaisseur minimale doit posséder le panneau du matériau choisi par Frédéric ?

Données utiles $R_{\text{iso}} = 5{,}6 \times 10^{-2}\ \mathrm{K \cdot W^{-1}}$ (1.4) ; $\lambda = 0{,}033\ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}}$ (1.3) ; $S = 80\ \mathrm{m^2}$

Le panneau doit avoir une résistance au moins égale à R_{iso} : $\frac{e}{\lambda S} \geqslant R_{\text{iso}}$, soit $e \geqslant R_{\text{iso}}\, \lambda\, S$.

$$e_{\min} = R_{\text{iso}}\, \lambda\, S = 5{,}6 \times 10^{-2} \times 0{,}033 \times 80 = 0{,}15\ \mathrm{m}$$

$e_{\min} = 0{,}15$ m : le panneau de polystyrène extrudé doit avoir au moins 15 cm d'épaisseur.

PIÈGE

Utiliser la résistance totale $6{,}3 \times 10^{-2}\ \mathrm{K \cdot W^{-1}}$ au lieu de celle de l'isolant seul : le sol existant apporte déjà une partie de la résistance.

COMPRENDRE

Avec la valeur non arrondie de 1.4 ($5{,}55 \times 10^{-2}$), on trouve $0{,}147$ m : le résultat à deux chiffres significatifs reste $0{,}15$ m.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$5.6 \times 10^{-2} \times 0.033 \times 80$

≈ 0.14784

2.1 Citer les trois modes de transfert thermique. Les présenter brièvement.

- **Conduction** : l'agitation thermique se transmet de proche en proche dans la matière, sans déplacement d'ensemble de celle-ci. Elle a surtout lieu dans les solides.
- **Convection** : l'énergie est transportée par un mouvement d'ensemble de la matière. Elle a lieu dans les fluides (liquides et gaz).
- **Rayonnement** : l'énergie est transportée par des ondes électromagnétiques. Aucun milieu matériel n'est nécessaire : ce transfert est possible dans le vide.

Conduction (de proche en proche, sans transport de matière), convection (avec transport de matière, dans un fluide), rayonnement (ondes électromagnétiques, possible dans le vide).

PIÈGE

Citer les trois noms ne suffit pas : « présenter » demande, pour chacun, s'il faut un milieu matériel et s'il y a ou non déplacement de matière.

2.2 Quel mode de transfert thermique intervient au niveau du capteur solaire (1), de l'échangeur thermique (3) et à l'intérieur du ballon de stockage (5) ? Justifier.

- **Capteur solaire (1)** : rayonnement. L'énergie arrive du Soleil sous forme d'ondes électromagnétiques, après avoir traversé le vide spatial.
- **Échangeur thermique (3)** : conduction. Le liquide caloporteur chaud et l'eau sanitaire ne se mélangent pas : l'énergie traverse la paroi solide du serpentin, de proche en proche.
- **Ballon de stockage (5)** : convection. L'eau chauffée au contact du serpentin se met en mouvement dans le ballon et transporte l'énergie avec elle.

(1) rayonnement ; (3) conduction ; (5) convection.

COMPRENDRE
L'eau chauffée est moins dense que l'eau froide : elle monte. C'est pourquoi l'échangeur est en bas du ballon et le départ d'eau chaude sanitaire en haut, comme sur le schéma.

2.3 Le fluide caloporteur s'échauffe lorsqu'il passe dans le capteur solaire. Comment varie son énergie interne ? Pourquoi ?

Dans le capteur, le fluide reçoit de l'énergie par transfert thermique et sa température augmente.

À l'échelle microscopique, une température plus élevée correspond à une agitation thermique plus forte des molécules : leur énergie cinétique microscopique augmente, donc l'énergie interne U du fluide aussi.

L'énergie interne du fluide caloporteur augmente ($\Delta U > 0$), car sa température augmente.

COMPRENDRE
Pour un liquide de masse m et de capacité thermique massique c, $\Delta U = m\,c\,\Delta\theta$: le signe de ΔU est celui de la variation de température.

3.1 À quel type d'ondes les micro-ondes appartiennent-elles ?

Les micro-ondes sont des ondes électromagnétiques, comme la lumière visible, les infrarouges ou les ondes radio.

COMPRENDRE
Un indice figure dans les données : le sujet fournit la célérité de la lumière dans le vide, qui est celle de toutes les ondes électromagnétiques.

3.2 Déterminer la longueur d'onde des micro-ondes du four.

Données utiles $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $2{,}45 \times 10^9$ oscillations par seconde

Les molécules oscillent $2{,}45 \times 10^9$ fois par seconde : la fréquence de l'onde est $f = 2{,}45 \times 10^9$ Hz.

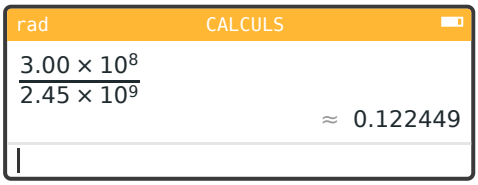
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3{,}00 \times 10^8}{2{,}45 \times 10^9} = 0{,}122\ \text{m}$$

$\lambda = 0{,}122$ m, soit 12,2 cm

PIÈGE
Ne pas confondre cette longueur d'onde λ avec la conductivité thermique de la partie 1, notée par la même lettre. Trois chiffres significatifs ici, comme c et f.

COMPRENDRE
On prend la célérité dans le vide, car celle des ondes électromagnétiques dans l'air en est très proche.

À LA CALCULATRICE



3.3 Calculer la variation d'énergie interne de l'eau contenue dans la tasse lorsque sa température passe de 10 °C à 90 °C.

Données utiles $V = 250\ \text{mL}$; $\rho_{\text{eau}} = 1{,}00\ \text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$; $c_{\text{eau}} = 4180\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $\theta_i = 10\ ^\circ\text{C}$; $\theta_f = 90\ ^\circ\text{C}$

Masse d'eau : $m = \rho_{\text{eau}}\, V$ avec $V = 250\ \text{mL} = 0{,}250\ \text{L}$, soit $m = 0{,}250\ \text{kg}$.

$$\Delta U = m\, c_{\text{eau}}\, (\theta_f - \theta_i) = \rho_{\text{eau}}\, V\, c_{\text{eau}}\, (\theta_f - \theta_i)$$

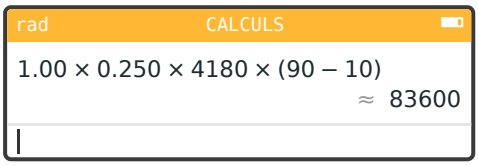
$$\Delta U = 1{,}00 \times 0{,}250 \times 4180 \times (90 - 10) = 8{,}4 \times 10^4\ \text{J}$$

$\Delta U = 8{,}4 \times 10^4\ \text{J}$, soit $84\ \text{kJ}$

PIÈGE
Laisser le volume en mL : la masse volumique est en $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$, il faut $V = 0{,}250\ \text{L}$. Sans cette conversion, le résultat est mille fois trop grand.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, imposés par les températures (10 et $90\ ^\circ\text{C}$). L'écart de $80\ ^\circ\text{C}$ vaut aussi $80\ \text{K}$, ce qui convient à l'unité de c_{eau}.

À LA CALCULATRICE



3.4 Le four, supposé bien isolé, est réglé sur la puissance de 900 W. Au bout de combien de temps l'eau du thé sera-t-elle prête ?

Données utiles $P = 900\ \text{W}$; $\Delta U = 8{,}4 \times 10^4\ \text{J}$ (3.3) ; $E = P\, \Delta t$

Le four étant bien isolé, on admet que toute l'énergie qu'il fournit est reçue par l'eau : $E = \Delta U$.

Or $E = P\, \Delta t$, donc $\Delta t = \dfrac{\Delta U}{P}$.

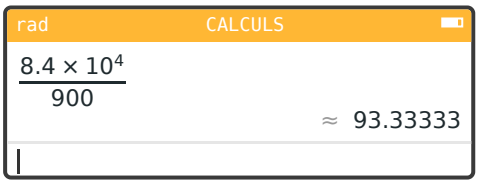
$$\Delta t = \frac{8{,}4 \times 10^4}{900} = 93\ \text{s}$$

$\Delta t = 93\ \text{s}$, soit environ 1 min 33 s

COMPRENDRE
Avec la valeur non arrondie $83\,600\ \text{J}$, on obtient $92{,}9\ \text{s}$: même résultat. En réalité la tasse et l'air du four chauffent aussi, la durée réelle est donc un peu plus longue.

MÉTHODE
Bilan d'énergie : 1) identifier le système (l'eau) ; 2) écrire que l'énergie reçue vaut ΔU ; 3) relier l'énergie à la puissance par $E = P\, \Delta t$.

À LA CALCULATRICE



Les dangers de l'alcool

Bac S 2013 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 2 **7,5 points** **Durée conseillée 1 h 10**

1.1 Représenter en formule semi-développée l'éthanol et l'éthanal et encadrer leurs fonctions caractéristiques.

Éthanol, C_2H_6O : CH_3-CH_2-OH, le groupe $-OH$ est encadré.

Éthanal, C_2H_4O : $CH_3-CH=O$, le groupe $C=O$ situé en bout de chaîne est encadré.

Éthanol : CH_3-CH_2-OH ; éthanal : $CH_3-CH=O$ (voir la figure).



éthanol éthanal

1.1 · Formules semi-développées, groupes caractéristiques encadrés

1.2 Nom du groupe fonctionnel porté par l'éthanol ; famille de cette molécule.

Le groupe $-OH$ est lié à un atome de carbone qui ne porte que des liaisons simples.

Groupe **hydroxyle** ; l'éthanol appartient à la famille des **alcools**.

PIÈGE
Ne pas confondre le nom du groupe (hydroxyle) et celui de la famille (alcool) : la question demande les deux.

1.3 Nom du groupe fonctionnel porté par l'éthanal ; famille de cette molécule.

Le groupe $C=O$ est en bout de chaîne : son carbone est lié à un atome d'hydrogène.

Groupe **carbonyle** ; l'éthanal appartient à la famille des **aldéhydes**.

COMPRENDRE
Le même groupe carbonyle placé au milieu de la chaîne, entre deux atomes de carbone, donnerait une cétone. Le suffixe « -al » du nom signale l'aldéhyde.

1.4 Associer chaque spectre infrarouge du document 2 à la molécule correspondante en justifiant.

Données utiles $C=O$: 1650-1740 cm^{-1} ; $O-H$: 3200-3700 cm^{-1}

Spectre IR1 : bande fine et très intense vers 1720 cm^{-1}, dans l'intervalle de la liaison $C=O$, et aucune bande large entre 3200 et 3700 cm^{-1}.

Spectre IR2 : bande large et intense vers 3350 cm^{-1}, dans l'intervalle de la liaison $O-H$, et aucune bande entre 1650 et 1740 cm^{-1}.

IR1 est le spectre de l'**éthanal** ; IR2 est celui de l'**éthanol**.

PIÈGE
L'axe vertical est une transmittance : une bande d'absorption est un creux dirigé vers le bas, et l'axe des nombres d'onde est gradué de droite à gauche.

MÉTHODE
Chercher la bande qui distingue les deux molécules et dire aussi qu'elle est absente de l'autre spectre. Les bandes $C-H$, $C-C$ et $C-O$ ne permettent pas de trancher ici.

1.5 À l'aide de la courbe d'intégration du spectre de RMN de l'éthanol, calculer les rapports h_1/h_2 et h_3/h_2.

Hauteurs des sauts de la courbe d'intégration, lues sur l'axe vertical du document 3 : $h_1 \approx 24$ graduations, $h_2 \approx 8$ graduations, $h_3 \approx 16$ graduations.

$\frac{h_1}{h_2} = \frac{24}{8} = 3$ $\quad$ $\frac{h_3}{h_2} = \frac{16}{8} = 2$

$\frac{h_1}{h_2} \approx 3$ et $\frac{h_3}{h_2} \approx 2$

COMPRENDRE
La RMN n'est plus au programme de la spécialité actuelle. La hauteur d'un saut est proportionnelle au nombre de protons du massif : seuls les rapports comptent, et ils s'arrondissent à l'entier le plus proche.

MÉTHODE
Mesurée à la règle sur le sujet imprimé, chaque hauteur change avec l'échelle d'impression, mais les rapports restent voisins de 3 et de 2.

1.6 Utiliser ces rapports pour associer aux trois massifs du spectre les groupes de protons équivalents de l'éthanol.

Données utiles $h_1/h_2 \approx 3$ et $h_3/h_2 \approx 2$ (1.5)

L'éthanol CH_3-CH_2-OH compte 6 atomes d'hydrogène répartis en trois groupes de protons équivalents : 3 pour CH_3, 2 pour CH_2, 1 pour OH.

Les sauts sont dans les proportions $h_1 : h_3 : h_2 = 3 : 2 : 1$, soit $3 + 2 + 1 = 6$ protons : le saut h_2 correspond à 1 proton, h_3 à 2 protons et h_1 à 3 protons.

Massif à 1,25 ppm (h_1) : CH_3 ; massif vers 3,7 ppm (h_3) : CH_2 ; massif vers 1,8 ppm (h_2) : OH.

PIÈGE
Les indices de h ne suivent pas l'ordre des massifs sur l'axe : h_2 est le saut du milieu, h_3 celui de gauche. Repérer chaque saut par son déplacement chimique.

1.7 Justifier, par la règle des (n+1)-uplets, que le massif situé à 1,25 ppm est un triplet.

Ce massif est celui des trois protons du groupe CH_3 (1.6). L'atome de carbone voisin est celui du groupe CH_2 : il porte $n = 2$ atomes d'hydrogène.

$n + 1 = 2 + 1 = 3$ pics : le signal des protons de CH_3 est un **triplet**.

PIÈGE
On compte les hydrogènes portés par les carbones voisins, pas ceux du groupe étudié : répondre « 3 protons donc triplet » est faux.

COMPRENDRE
De même, le groupe CH_2 a 3 voisins et donne un quadruplet vers 3,7 ppm. Le proton de OH ne se couple pas : c'est un singulet.

2.1 Nom de la représentation chimique utilisée pour l'alcool dans le mécanisme.

Il s'agit de la **représentation de Cram**.

COMPRENDRE
La représentation de Cram et la chiralité (questions 2.1 à 2.5) ne figurent plus au programme de la spécialité actuelle ; elles étaient exigibles en Terminale S.

2.2 Que représentent les traits pointillés et les traits épais ?

Les traits simples sont les liaisons contenues dans le plan de la feuille.

Trait pointillé : liaison dirigée vers l'**arrière** du plan ; trait épais (triangle plein) : liaison dirigée vers l'**avant** du plan.

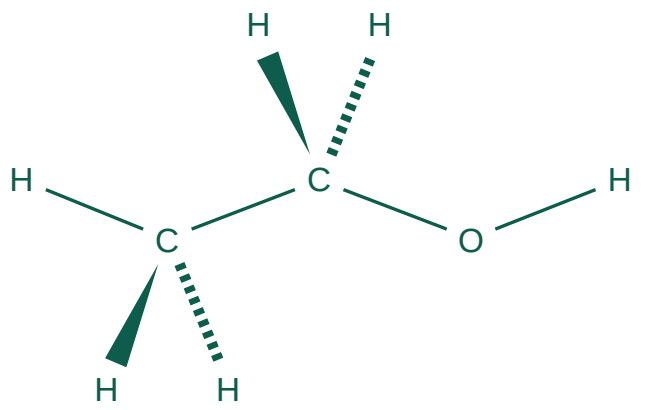
COMPRENDRE
Cette convention traduit la géométrie tétraédrique d'un carbone lié à quatre voisins : deux liaisons dans le plan, une vers l'avant, une vers l'arrière.

2.3 En s'appuyant sur cette représentation, développer complètement la molécule d'éthanol en faisant apparaître toutes les liaisons.

Chaque atome de carbone est tétraédrique : deux liaisons dans le plan, une en avant, une en arrière. Les 8 liaisons sont dessinées : $C-C$, cinq $C-H$, $C-O$ et $O-H$.

Formule développée de l'éthanol en représentation de Cram : voir la figure.

PIÈGE
Une formule développée montre toutes les liaisons, y compris $O-H$: écrire « OH » ou « CH_3 » en bloc ne répond pas à la question.



2.3 · Éthanol : toutes les liaisons, en représentation de Cram

2.4 Particularité stéréochimique du carbone porteur du deutérium dans le deutérioéthanol ; nom de ce type de molécules.

Ce carbone est lié à quatre atomes ou groupes d'atomes tous différents : H, D, OH et CH_3.

C'est un **carbone asymétrique** ; la molécule, non superposable à son image dans un miroir plan, est dite **chirale**.

COMPRENDRE
H et D sont deux isotopes : ils comptent comme deux substituants différents. Dans l'éthanol ordinaire, ce carbone porte deux H identiques et n'est pas asymétrique.

2.5 L'éthanal obtenu par oxydation se présente-t-il sous la forme d'un mélange d'énantiomères ? Justifier.

Deux énantiomères sont deux molécules images l'une de l'autre dans un miroir plan et non superposables.

L'éthanal ne possède aucun carbone asymétrique : le carbone de CH_3 porte trois H identiques et celui du groupe carbonyle n'a que trois voisins. La molécule est superposable à son image dans un miroir : elle n'est pas chirale.

Non : l'éthanal n'est pas chiral, il n'a pas d'énantiomère et ne peut pas former un mélange d'énantiomères.

COMPRENDRE
Même l'éthanal deutéré CH_3-CDO de la première équation est achiral : le carbone du groupe carbonyle et ses trois voisins sont dans un même plan.

2.6 Donner la définition d'un catalyseur. Quel type de catalyse est présenté ici ?

Un catalyseur est une espèce chimique qui augmente la vitesse d'une réaction sans figurer dans son équation : consommé puis régénéré, il se retrouve intact à la fin de la transformation.

Ici, le catalyseur est une enzyme, l'alcool-déshydrogénase.

Il s'agit d'une **catalyse enzymatique**.

PIÈGE
Un catalyseur ne modifie pas l'état final : il ne change que la durée nécessaire pour l'atteindre. NAD^+ est un réactif, pas le catalyseur.

3.1 Déterminer, à partir de l'absorbance mesurée A_e, la concentration massique C_m en éthanol de l'échantillon étudié.

Données utiles $A = k\,C_m$; $k = 1{,}6 \times 10^{-3}\ \text{L} \cdot \text{mg}^{-1}$; $A_e = 0{,}15$

Loi de Beer-Lambert : $A_e = k\,C_m$, donc $C_m = \dfrac{A_e}{k}$.

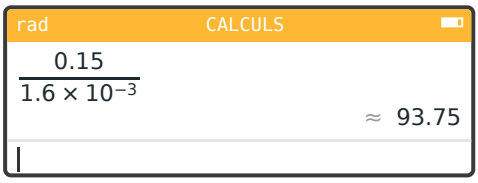
$$C_m = \frac{0{,}15}{1{,}6 \times 10^{-3}} = 94\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

$C_m = 94\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1} = 9{,}4 \times 10^{-2}\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

PIÈGE
k est en $\text{L} \cdot \text{mg}^{-1}$: le résultat sort en milligrammes par litre, pas en grammes par litre.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme A_e et k. C'est le NADH qui absorbe, mais il se forme en quantité égale à celle de l'éthanol : l'étalonnage relie donc directement A à la concentration en éthanol.

À LA CALCULATRICE



3.2.1 En tenant compte de la dilution, calculer la concentration massique C_S en éthanol dans la solution S.

Données utiles $C_m = 9{,}4 \times 10^{-2}\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (3.1) ; prélèvement $V_S = 1$ mL de S ; fiole de $V_f = 100$ mL

L'échantillon est obtenu en diluant 1 mL de S dans une fiole de 100 mL. La masse d'éthanol se conserve lors de la dilution : $C_S\,V_S = C_m\,V_f$.

$$C_S = \frac{C_m\,V_f}{V_S} = \frac{9{,}4 \times 10^{-2} \times 100}{1} = 9{,}4\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$C_S = 9{,}4\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

MÉTHODE
Dilution : le facteur de dilution est $F = V_{\text{fille}}/V_{\text{prélevé}}$, ici 100. La solution mère est F fois plus concentrée que la solution fille.

3.2.2 En tenant compte de la dilution, calculer la concentration massique C_V en éthanol dans le vin.

Données utiles $C_S = 9{,}4\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (3.2.1) ; $V_V = 10$ mL de vin ; solution S de volume $V'_S = 100$ mL

On admet que tout l'éthanol des 10 mL de vin passe dans le distillat, ensuite ajusté à 100 mL : $C_V\,V_V = C_S\,V'_S$.

$$C_V = \frac{C_S\,V'_S}{V_V} = \frac{9{,}4 \times 100}{10} = 94\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$C_V = 94\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

PIÈGE
Les deux dilutions n'ont pas le même facteur : 100 pour l'échantillon, 10 seulement pour la solution S. Au total, le vin est 1000 fois plus concentré que l'échantillon.

3.3 Quelle est la valeur du titre alcoométrique, exprimé en degrés, du vin ?

Données utiles $C_V = 94\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (3.2.2) ; $\mu(\text{éthanol}) = 0{,}78\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$; titre : nombre de litres d'éthanol dans 100 L de vin

Masse d'éthanol dans $V = 100$ L de vin : $m = C_V\,V = 94 \times 100 = 9{,}4 \times 10^3$ g.

Volume d'éthanol correspondant, avec $\mu = 0{,}78\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1} = 780\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$:

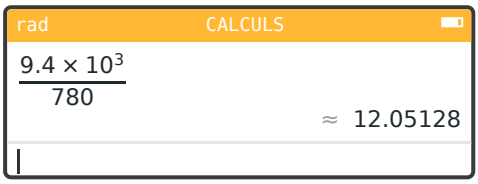
$$V_{\text{éthanol}} = \frac{m}{\mu} = \frac{9{,}4 \times 10^3}{780} = 12\ \text{L}$$

100 L de vin contiennent 12 L d'éthanol : le titre alcoométrique est de **12 degrés**.

PIÈGE
La masse volumique est donnée en grammes par millilitre : sans conversion, on obtient $1{,}2 \times 10^4$ mL, qu'il faut encore exprimer en litres.

COMPRENDRE
La donnée $M(\text{éthanol})$ ne sert pas : on raisonne en masses et en volumes, jamais en quantités de matière.

À LA CALCULATRICE



3.4 Ce vin est-il conforme au code de la santé publique ?

Le code de la santé publique impose à cette catégorie de vins de ne pas titrer plus de 18 degrés. Or le titre mesuré est de 12 degrés (3.3), et $12 < 18$.

Oui, ce vin est conforme au code de la santé publique.

Le son: de sa numérisation à la lecture d'un CD

Bac S 2013 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Justifier brièvement que le signal électrique à la sortie du micro est un signal analogique.

La tension u aux bornes du micro varie de façon continue au cours du temps : elle peut prendre une infinité de valeurs et reproduit fidèlement la vibration x des branches du diapason (document 1).

La tension varie continûment dans le temps : c'est un signal **analogique**.

1.2 Définir ce qu'est un signal numérique.

Un signal numérique ne prend qu'un nombre fini de valeurs : il varie par paliers, de façon discontinue. Chaque valeur est codée par un nombre binaire, c'est-à-dire une suite de 0 et de 1.

Signal **numérique** : signal discret, à valeurs en nombre limité, codé par une suite de bits.

1.3 Que signifie « échantillonner » un signal analogique ?

Échantillonner, c'est relever la valeur de la tension à des dates régulièrement espacées, séparées par la période d'échantillonnage T_e. Le nombre de mesures par seconde est la fréquence d'échantillonnage $f_e = \dfrac{1}{T_e}$.

Échantillonner : prélever la valeur du signal à intervalles de temps réguliers T_e.

COMPRENDRE

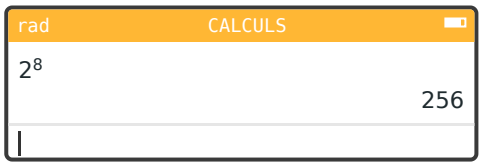
Plus f_e est grande, plus la suite des échantillons suit de près le signal de départ. Ici $f_e = 44{,}1$ kHz, soit cent fois la fréquence du « La » du diapason.

1.4 Combien de valeurs peut prendre un échantillon numérisé sur 8 bits ?

Un bit prend 2 valeurs (0 ou 1). Avec n bits, on forme 2^n nombres binaires différents.

Sur 8 bits : $2^8 = 256$ valeurs possibles.

À LA CALCULATRICE



1.5 Quelle est, en Mio, la place théorique occupée sur un CD audio par une minute de musique non compressée ?

Données utiles numérisation sur 2×16 bits ; $f_e = 44{,}1$ kHz ; $\Delta t = 60$ s ; 1 octet = 8 bits ; 1 Mio = 2^{20} octets

Nombre d'échantillons en une minute : $N = f_e \times \Delta t$.

Chaque échantillon occupe $2 \times 16 = 32$ bits, soit $\dfrac{32}{8} = 4$ octets.

Place occupée : $4 \times f_e \times \Delta t = 4 \times 44{,}1 \times 10^3 \times 60 = 1{,}06 \times 10^7$ octets.

En Mio : $\dfrac{4 \times 44{,}1 \times 10^3 \times 60}{2^{20}} = 10{,}1$

Une minute de musique occupe environ 10,1 Mio.

PIÈGE

Oublier le facteur 2 de la stéréo, laisser la fréquence en kHz, ou diviser par 10^6 : le sujet impose 1 Mio = 2^{20} octets.

COMPRENDRE

Trois chiffres significatifs, comme $f_e = 44{,}1$ kHz : les nombres 2, 16, 8 et 60 s sont des valeurs exactes.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$4 \times 44.1 \times 10^3 \times 60 \approx 1.0584 \times 10^7$

$\frac{4 \times 44.1 \times 10^3 \times 60}{2^{20}} \approx 10.09369$

2.1 Citer une propriété du faisceau laser utilisée dans la lecture des CD.

Le faisceau laser est très directif : il peut être concentré par la lentille sur une tache de l'ordre du micromètre.

Propriété utilisée : la **directivité** du faisceau (on accepte aussi : lumière monochromatique, ou cohérente).

COMPRENDRE
La lumière monochromatique et cohérente sert aux interférences de la partie 2.5. Le laser et ses propriétés ne figurent plus au programme actuel de spécialité.

2.2 Calculer la fréquence de la radiation monochromatique.

Données utiles $\lambda_0 = 780$ nm dans le vide (notée λ dans le texte du sujet) ; $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Dans le vide : $\lambda_0 = \frac{c}{\nu}$, donc $\nu = \frac{c}{\lambda_0}$.

$$\nu = \frac{3{,}00 \times 10^8}{780 \times 10^{-9}} = 3{,}85 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

$\nu = 3{,}85 \times 10^{14}$ Hz

PIÈGE
Laisser la longueur d'onde en nanomètres : il faut 780×10^{-9} m pour obtenir des hertz.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{3.00 \times 10^8}{780 \times 10^{-9}} \approx 3.846154 \times 10^{14}$

2.3 Calculer la célérité de l'onde lumineuse dans le CD.

Données utiles $n = 1{,}55$; $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Par définition de l'indice : $n = \frac{c}{v}$, donc $v = \frac{c}{n}$.

$$v = \frac{3{,}00 \times 10^8}{1{,}55} = 1{,}94 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v = 1{,}94 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

COMPRENDRE
Contrôle rapide : $n > 1$, donc la lumière va moins vite dans le polycarbonate que dans le vide. Une valeur supérieure à c signale une erreur.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{3.00 \times 10^8}{1.55} \approx 1.935484 \times 10^8$

2.4 En déduire la longueur d'onde λ de la lumière dans le polycarbonate, sachant que la fréquence ne dépend pas du milieu traversé.

Données utiles $v = \frac{c}{n}$ (2.3) ; $\nu = \frac{c}{\lambda_0}$ (2.2) ; $\lambda_0 = 780$ nm ; $n = 1{,}55$

Dans le polycarbonate, l'onde garde la fréquence ν et se propage à la célérité v :

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{c}{n} \times \frac{\lambda_0}{c} = \frac{\lambda_0}{n}$$

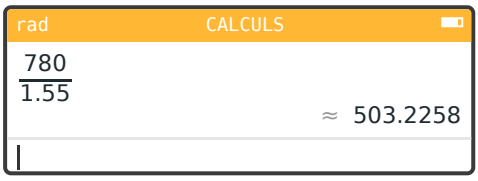
$$\lambda = \frac{780}{1{,}55} = 503 \text{ nm}$$

$\lambda = 503 \text{ nm} = 5{,}03 \times 10^{-7} \text{ m}$

COMPRENDRE
La longueur d'onde diminue dans le polycarbonate, mais la couleur de la radiation ne change pas : elle est fixée par la fréquence.

MÉTHODE
Passer par l'expression littérale $\lambda = \lambda_0/n$ évite de réutiliser deux valeurs arrondies : $1{,}94 \times 10^8 \div 3{,}85 \times 10^{14}$ donne 504 nm au lieu de 503 nm.

À LA CALCULATRICE



2.5.1 En s'aidant du document 4, expliquer pourquoi les interférences sont destructives si $h = \frac{\lambda}{4}$.

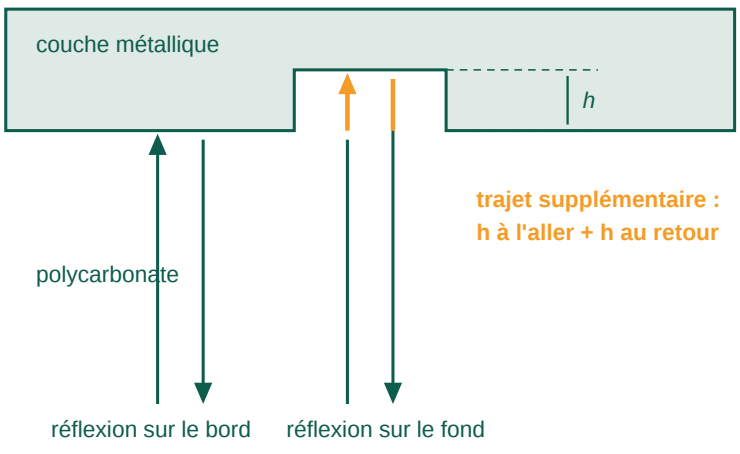
L'onde réfléchie par le fond de la cuvette parcourt, par rapport à l'onde réfléchie par le bord, la distance h une fois à l'aller et une fois au retour. La différence de marche entre les deux ondes vaut donc $\delta = 2h$.

Si $h = \frac{\lambda}{4}$: $\delta = 2 \times \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2}$.

Les interférences sont destructives quand $\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$, avec k entier : c'est le cas ici, avec $k = 0$. Les deux ondes se superposent en opposition de phase.

$\delta = 2h = \frac{\lambda}{2}$: les deux ondes réfléchies sont en opposition de phase, les interférences sont **destructives**.

PIÈGE
Écrire $\delta = h$ en oubliant le trajet retour : on trouverait alors $\delta = \lambda/4$, qui ne correspond ni à des interférences destructives ni à des interférences constructives.



2.5.1 · Document 4 : l'onde réfléchie au fond de la cuvette parcourt 2h de plus

2.5.2 Vérifier que la profondeur d'une cuvette est bien choisie pour provoquer des interférences destructives.

Données utiles $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$ (2.4) avec $\lambda_0 = 780$ nm et $n = 1{,}55$; profondeur des creux : $0{,}126\ \mu$m

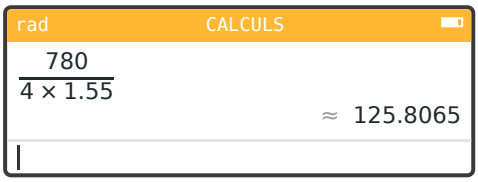
Les ondes se propagent dans le polycarbonate : la longueur d'onde à utiliser est $\lambda = 503$ nm. La profondeur qui donne des interférences destructives est :

$$h = \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda_0}{4\,n} = \frac{780}{4 \times 1{,}55} = 126\ \text{nm}$$

$h = 126\ \text{nm} = 0{,}126\ \mu\text{m}$: c'est la profondeur des creux donnée par le sujet, elle est donc bien choisie.

PIÈGE
Prendre la longueur d'onde dans le vide : $780 \div 4 = 195$ nm ne correspond pas à la profondeur des creux. La réflexion a lieu à l'intérieur du polycarbonate.

À LA CALCULATRICE



2.5.3 Comparer sans calcul l'éclairement de la photodiode quand le faisceau laser éclaire un plat ou une cuvette.

Sur un plat, tout le faisceau se réfléchit sur une même surface : les ondes réfléchies n'ont aucune différence de marche, elles restent en phase et la photodiode reçoit un éclairement maximal.

Sur une cuvette, les ondes réfléchies par le fond et par le bord interfèrent de façon destructive : la photodiode reçoit un éclairement très faible.

L'éclairement de la photodiode est **fort sur un plat**, **faible sur une cuvette**.

COMPRENDRE
La photodiode traduit ces variations d'éclairement en tension. Chaque passage plat-creux ou creux-plat se repère par un changement brutal d'éclairement : c'est ainsi que l'information est lue.

3.1 Quel est le phénomène physique propre aux ondes qui empêche d'obtenir un faisceau de diamètre plus petit sur le CD ?

Le faisceau passe par des ouvertures de taille limitée (lentille de mise au point) : il s'étale, et la tache obtenue sur le disque ne peut pas être rendue aussi fine que l'on veut.

Ce phénomène est la **diffraction**.

3.2 Expliquer pourquoi une diode laser bleue peut permettre de stocker plus d'informations sur un disque Blu-ray de même surface qu'un CD.

Données utiles $\lambda_0 = 405$ nm (Blu-ray) ; $\lambda_0 = 780$ nm (CD)

L'écart angulaire de diffraction vaut $\theta = \frac{\lambda}{a}$, où a est la dimension de l'ouverture : il est proportionnel à la longueur d'onde.

La longueur d'onde du laser bleu est environ deux fois plus petite : la diffraction est moins marquée et le faisceau peut être concentré sur une tache plus petite. On peut alors graver des cuvettes plus petites et resserrer les spires de la piste.

Longueur d'onde plus courte, donc diffraction plus faible et tache plus fine : davantage de cuvettes sur une même surface, donc plus d'informations.

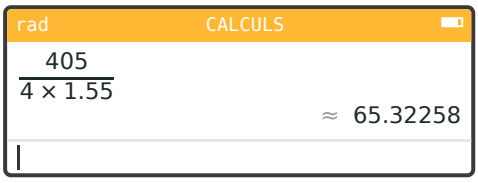
3.3 Doit-on conserver sur un disque Blu-ray la même profondeur de cuvette que sur un CD classique ? Justifier.

Les interférences destructives exigent $h = \dfrac{\lambda}{4}$, où λ est la longueur d'onde dans le disque. La longueur d'onde du laser bleu étant environ deux fois plus petite, la profondeur doit être environ deux fois plus petite elle aussi.

Non : les cuvettes d'un disque Blu-ray doivent être moins profondes, environ deux fois moins que celles d'un CD.

COMPRENDRE
Ordre de grandeur, pour un disque de même indice : $405 \div (4 \times 1{,}55) \approx 65$ nm, contre 126 nm pour un CD.

À LA CALCULATRICE



3.4 Peut-on lire un CD sur un lecteur Blu-ray ? Une seule justification est demandée.

Sur un CD, $h = \dfrac{\lambda_{CD}}{4}$, donc la différence de marche vaut $\delta = 2h = \dfrac{\lambda_{CD}}{2}$. Or la longueur d'onde du laser bleu est $\lambda_B \approx \dfrac{\lambda_{CD}}{2}$, donc $\delta \approx \lambda_B$.

Les interférences sont alors constructives sur une cuvette : la photodiode reçoit un éclairement fort sur les cuvettes comme sur les plats et ne les distingue plus.

Non, pas avec le laser bleu : sur un CD, $\delta \approx \lambda_B$, les interférences ne sont plus destructives sur les cuvettes.

COMPRENDRE
Autre justification acceptée : la tache du laser bleu, plus fine que la cuvette d'un CD, n'éclaire plus à la fois le fond et le bord. Les lecteurs du commerce lisent les CD grâce à une seconde diode laser.

Spécialité : Comment éviter les dangers sonores sans perdre la qualité dun son lors d'un concert en plein air ?

Bac S 2013 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 QCM : pour chacune des cinq affirmations de l'annexe, cocher Oui ou Non et préciser le numéro du document utilisé.

1. Non. Le spectre du son de la flûte comporte trois pics (environ 0,88 kHz, 1,76 kHz et 2,64 kHz) : un fondamental et deux harmoniques. Un son pur n'aurait qu'un seul pic.

2. Non (document 3). Après le bouchon en mousse, le fondamental est toujours à 0,88 kHz : la fréquence du son, donc sa hauteur, est inchangée.

3. Non (document 2). Une dose correspond à 2 h à 100 dB ou à 45 min à 105 dB, et les doses s'additionnent :

$$\frac{1\text{ h}}{2\text{ h}} + \frac{60\text{ min}}{45\text{ min}} = 0{,}5 + 1{,}3 = 1{,}8\text{ dose} > 1\text{ dose}$$

4. Oui (document 3). Avec le bouchon en silicone, les trois pics gardent les mêmes fréquences et les mêmes amplitudes relatives : même hauteur, même timbre.

5. Non (document 1). Le niveau perd 6 dB quand la distance double : 84 dB à 6 m, puis 78 dB à 12 m, et non à 9 m.

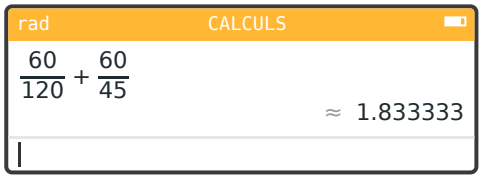
Non ; Non (doc. 3) ; Non (doc. 2) ; Oui (doc. 3) ; Non (doc. 1)

PIÈGE
Affirmation 5 : passer de 6 m à 9 m, ce n'est pas doubler la distance. Il faut passer de 6 m à 12 m pour perdre à nouveau 6 dB.

COMPRENDRE
La hauteur d'un son est la fréquence de son fondamental ; le timbre dépend du nombre et des amplitudes relatives des harmoniques. Ces notions ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale.

MÉTHODE
Pour additionner des expositions, convertir chacune en fraction de dose : durée subie divisée par durée tolérée au même niveau sonore. Le danger commence quand la somme dépasse 1.

À LA CALCULATRICE



Affirmations	Réponses	Documents
1. Le spectre du son de la flûte (document 3) montre que c'est un son pur.	Oui ☐ Non ☑	
2. La hauteur du son est modifiée par le bouchon en mousse.	Oui ☐ Non ☑	3
3. Après 1 h de baladeur à 100 dB, il peut rester 1 h à un concert à 105 dB sans risque.	Oui ☐ Non ☑	2
4. Les bouchons en silicone conservent la hauteur et le timbre du son.	Oui ☑ Non ☐	3
5. 90 dB à 3 m, donc 84 dB à 6 m et 78 dB à 9 m.	Oui ☐ Non ☑	1

1 · Annexe à rendre avec la copie, complétée

2 Synthèse : à partir des documents et de vos connaissances, indiquer en les justifiant vos recommandations pour profiter d'un concert en plein air sans risque auditif, en gardant intacte la qualité du son (20 lignes au minimum, au moins une application numérique).

Le risque. Le danger existe dès 90 dB et dépend de la dose de son, c'est-à-dire du niveau sonore et de la durée d'exposition (doc. 2). À 105 dB, limite réglementaire des lieux musicaux, la dose hebdomadaire est atteinte en 45 min : un concert moyen de 1 h 30 représente déjà $90/45 = 2$ doses. Les lésions s'installent sans prévenir, car la douleur n'apparaît qu'à 120 dB.

S'éloigner de la scène. En plein air, le niveau sonore baisse de 6 dB chaque fois que la distance double (doc. 1). Pour la grosse caisse, instrument le plus bruyant du tableau, 113 dB à 3 m deviennent 107

PIÈGE
Oublier un document ou l'application numérique exigée. Additionner des décibels d'instruments différents est faux : seules les intensités sonores s'ajoutent, pas les niveaux.

dB à 6 m, 101 dB à 12 m, 95 dB à 24 m et 89 dB à 48 m. À 24 m, la durée tolérée est de 7 h par semaine : le concert ne compte plus que pour $1{,}5/7 \approx 0{,}2$ dose. À 48 m, on passe sous le seuil de risque. Cette solution ne déforme pas le son.

Porter des bouchons. Vers 1 kHz, les deux types de bouchons atténuent le son d'environ 20 dB (doc. 4) : à 12 m de la grosse caisse, il reste $101 - 20 = 81$ dB, niveau sans risque. Le bouchon classique en mousse atténue cependant bien plus les aigus (environ 33 dB à 8 kHz) que les graves (environ 17 dB à 125 Hz). Le doc. 3 le confirme : les harmoniques de la flûte ont presque disparu, le timbre est modifié, seule la hauteur est conservée. Le bouchon moulé en silicone atténue de façon plus régulière (de 15 à 25 dB environ) : le spectre garde la même allure, hauteur et timbre sont préservés. Il est plus cher, mais c'est lui qui garde la qualité du son.

Limiter la dose de la semaine. Les doses s'additionnent (doc. 2) : la semaine du concert, il faut réduire l'écoute du baladeur à fort volume et faire des pauses loin des enceintes.

Regard critique. La règle des 6 dB suppose un son ni réfléchi ni diffracté et un seul instrument : avec plusieurs instruments et une sonorisation, les niveaux réels dépassent ceux du doc. 1. Les durées tolérées sont des moyennes, chaque oreille étant plus ou moins fragile, et le doc. 3 ne teste qu'une seule note.

Se placer à plusieurs dizaines de mètres de la scène, porter des bouchons (moulés en silicone pour garder le timbre, en mousse à défaut), limiter la durée du concert et les autres expositions de la semaine.

COMPRENDRE

D'où viennent les 6 dB : $L = 10\log(I/I_0)$ et, sans obstacle, I est divisée par 4 quand la distance double, donc L diminue de $10\log 4 \approx 6$ dB. De même, 30 dB d'écart correspondent à une intensité 1000 fois plus grande.

MÉTHODE

Une synthèse se construit : le problème, une idée par paragraphe appuyée sur un document cité, au moins un calcul, une critique des documents, puis une conclusion qui répond à la question posée.

À LA CALCULATRICE

